

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАНЕВРА «ПЕРЕСТАВКА» В ADAMS

Алферчик А.О.

Description of a model of a vehicle MAZ-4570 assigned for dynamic analysis is observed in the present article. Results of dynamic simulation of resetting maneuver and results of finite-element modelling of front and rear car suspension are also given here

Современный уровень развития вычислительной техники позволяет значительно сократить время на проектирование автомобилей путем использования специализированного программного обеспечения. Примерами могут служить такие программные пакеты как Solid-Works, Unigraphics, MSC.Patran, MSC.Nastran и другие. Их использование позволяет еще в процессе проектирования оптимизировать детали и конструкции с целью уменьшения их массы и увеличения прочности.

В данной работе представлен пример расчета модели автомобиля

МАЗ при выполнении маневра «переставка». Маневр «переставка» представляет собой переход автомобиля с одной полосы движения на другую. При данном процессе подвеска автомобиля подвергается значительным динамическим нагрузкам, а при определенных условиях существует вероятность опрокидывания автомобиля. Моделирование проводится с целью оценки устойчивости автомобиля при выполнении маневра «переставка», а так же проводится анализ напряженно-деформированного состояния деталей подвески автомобиля.

Объектом расчетных исследований при выполнении маневра «переставка» служил автомобиль-самосвал МАЗ-4570. Проводится моделирование маневра в среде «ADAMS», а так же анализ напряженно-деформированного состояния элементов подвески автомобиля в пакете ANSYS.

Оценка управляемости и устойчивости автомобиля производилась в пакете ADAMS/Car с использованием трехмерных моделей, созданных в пакете UNIGRAPHICS. В модели учитываются массово-инерционные характеристики элементов в системе координат, проходящей через их центры масс. Моменты инерции и координаты центров масс находились в системе твердотельного моделирования UNIGRAPHICS, массы брались из системы управления техдокументацией УГК МАЗ iMAN.

Модель сбалансирована в соответствии с грузоподъемностью автомобиля (4550 кг) таким образом, чтобы высота центра массы балласта над платформой соответствовала грузу объемом $11,5 \text{ м}^3$ плотностью $0,57 \text{ т/м}^3$, так как это указано в техническом задании на автомобиль.

Для управления моделью автомобиля по заданной траектории используется специализированный модуль ADAMS/Driver, подгружаемый автоматически при запуске модели на расчет.

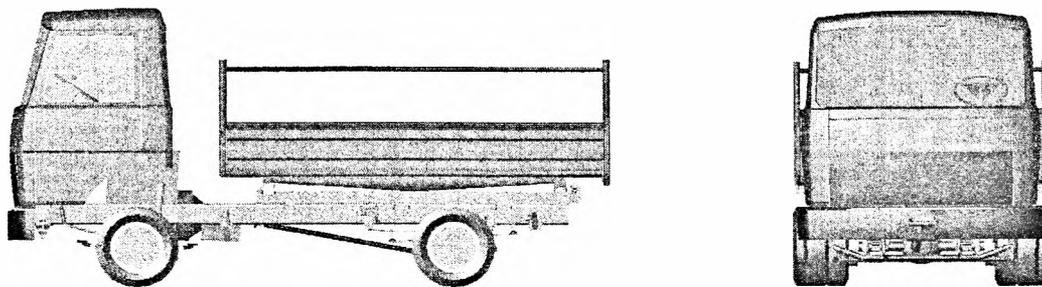


Рис. 1. Вид модели в пакете Unigraphics

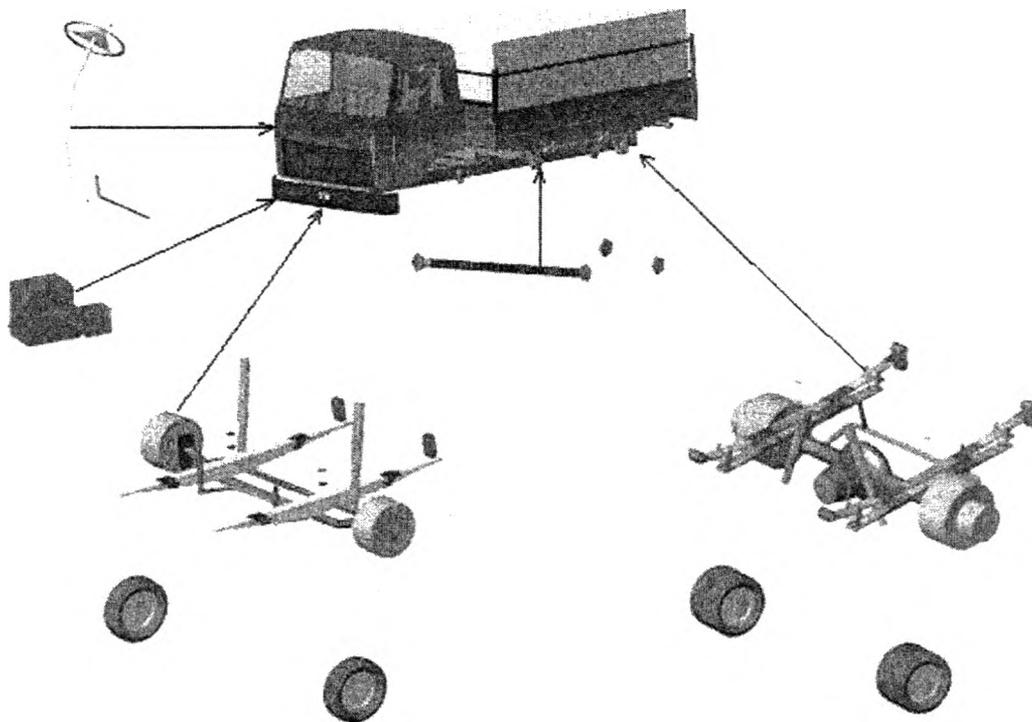


Рис. 2. Структура модели

Модель включает в себя следующие элементы:

- модель подвески автомобиля;
- модель трансмиссии;
- модель рулевого управления;
- модель человека-оператора.

Для конечно-элементных расчетов в пакете ANSYS применялись твердотельные модели, импортированные из Unigraphics

В исследуемом автомобиле передняя и задняя подвески – зависимые рессорные. Функцию упругих элементов и направляющего аппарата в подвесках выполняют многоресорные. В передней подвеске установлена 8-листовая рессора, в задней – 4-листовая с подвеской параболы.

Модель трансмиссии исследуемого автомобиля формируется двумя “шаблонами”: “силовой агрегат” и “карданная передача”. Шаблон “силовой агрегат” моделирует работу двигателя и коробки передач (сцепление не моделируется). Шаблон “карданная передача” состоит из модели выходного вала коробки передач, карданного вала, главной передачи и дифференциала. Модель силового агрегата представляет собой жесткий элемент с заданными массово-инерционными характеристиками. Силовой агрегат вращающихся элементов не имеет

Шаблон “рулевое управление” включает следующие элементы:

- рулевой механизм;
- колонку: рулевой вал, рулевое колесо;
- рулевой привод: сошка, продольная рулевая тяга.

Рулевое управление работает только по кинематической схеме. Это в свою очередь упрощает модель и сокращает затраты времени на расчет.

Одним из элементов разрабатываемой в ADAMS/Car модели автомобиля-самосвала является человек-оператор, представленный математической моделью. Для управления моделью автомобиля по заданной траектории используется специализированный модуль ADAMS/Driver, подгружаемый автоматически при запуске расчета. Модуль ADAMS/Driver включает следующие компоненты:

- модуль тягово-скоростной динамики;
- модуль поперечной динамики;
- модуль управления трансмиссией.

Моделирование маневра “переставка” для оценки автомобиля на соответствие требованиям РД

Изучение автомобиля как динамической системы проводится по традиционной схеме:

- моделируется автомобиль в модуле ADAMS/Car;
- задаются параметры управляющего воздействия, характеристики самообучающегося виртуального водителя: скорость автомобиля, передачу, диапазон оборотов двигателя, координаты траектории движения;
- выполняется расчет маневра модели автомобиля по заданной траектории.

Методика дорожных испытаний “переставка” изложена в нормативных документах РД 37.001.005-86, ОСТ 37.001.471-88 и проекте ГОСТа РФ “Управляемость и устойчивость автотранспортных средств”. Но в ОСТ 37.001.471-88, в отличие от РД, не приведены нормативные количественные параметры для оценки устойчивости и управляемости автомобилей при выполнении маневра “переставка”. Поэтому РД 37.001.005-86 используется при сертификации автомобилей МАЗ, эту методику можно применить для расчетной оценки устойчивости и управляемости автомобилей при выполнении маневра “переставка”.

Испытания на выполнение маневра «переставка», по РД предназначены для определения предельной скорости $V_{пр}$ выполнения маневра перехода автомобиля с одной полосы движения на соседнюю. В целях экономии времени испытания проводятся только на участке смены полосы длиной 20 м. ($S_{п}=20$ м.). Дополнительными показателями, характеризующими отдельные составляющие свойств управляемости, служат:

$V_{тр}$ – скорость АТС при появлении снижения устойчивости управления траекторией (критическая ситуация проявляется в сносе передней оси, т.е. выходе передней оси за разметку), км/ч;

$V_{курс}$ – скорость АТС при появлении снижения устойчивости курсового управления (критическая ситуация проявляется в заносе, выходе задней оси за разметку), км/ч;

$V_{кк}$ – скорость АТС при появлении курсовых колебаний, км/ч;

$V_{отр}$ – скорость АТС при появлении отрыва колеса от поверхности дороги, км/ч.

Предельная скорость АТС $V_{пр}$ при выполнении маневра определяется как среднее значение скоростей двух заездов: заезда с наибольшей скоростью, при которой не было потери устойчивости управления, и заезда с наибольшей скоростью, при которой наблюдается это явление.

Оценка показателей устойчивости управления АТС при выполнении маневра “переставка” производится путем сравнения величин скоростей $V_{тр}$, $V_{курс}$, $V_{кк}$, $V_{отр}$ полученных при испытаниях с нормативными значениями.

Для исследуемого автомобиля нормативные значения скоростей:

$[V_{курс}] = 52$ км/ч,

$[V_{кк}] = 55$ км/ч,

$[V_{пр}] = 59$ км/ч

Начальную скорость заездов примем равной 47 км/ч.

Расчеты проводились с интервалом в 2 км/ч при скоростях 47, 49, 51, 53, 55, 57, 59 км/ч.

Схема разметки участка для проведения испытания “переставка” представлена на рис. 3.

При проведении испытаний автомобиль разгоняется до заданной скорости на высшей передаче, движется с этой скоростью в коридоре разметки участка А. После пересечения передними колесами линии а-а водитель отпускает педаль акселератора и начинает выполнять заданный маневр.

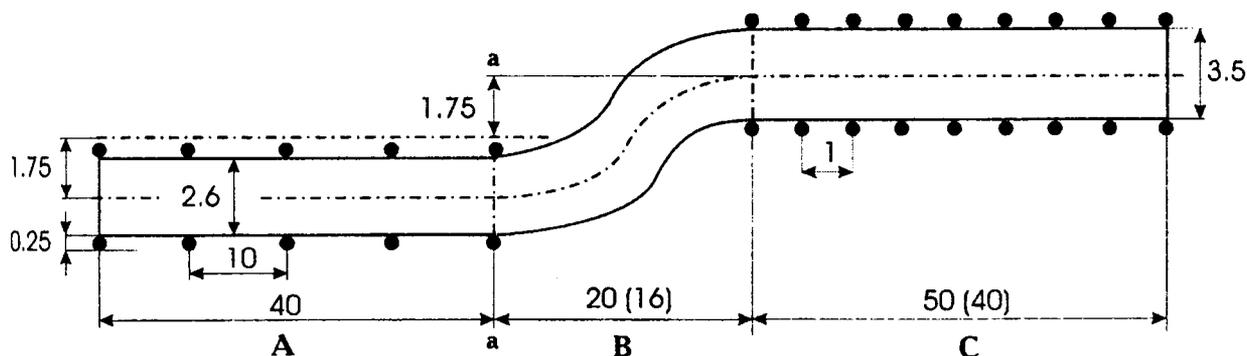


Рис. 3. Схема разметки участка для проведения испытаний “переставка”
(все размеры указаны в метрах)

Выход модели автомобиля за разметку будим фиксировать по ее анимационной модели.

Результаты моделирования маневра “переставка”

Визуальный контроль движения модели автомобиля и анализ графиков показывает, что на скорости 47 км/ч наблюдаются курсовые колебания, что заметно по графику угловой скорости поворота. Следовательно, $V_{кк} = 47$ км/ч – скорость появления курсовых колебаний. Траектории движения автомобиля при различных скоростях приведены на рис. 4.

Автомобиль проходит контрольный прямолинейный участок С на скоростях 47, 49 и 51 км/ч без выхода за разметку.

На скорости 53 км/ч у модели автомобиля при прохождении участка С наблюдается отрыв переднего правого колеса, что видно по графику нормальных реакций на этом колесе. Автомобиль теряет управляемость и выходит за пределы разметки. Следовательно, $V_{отр} = 53$ км/ч – скорость появления отрыва колеса и потери устойчивости управления траекторией.

На скорости 57 км/ч при движении на участке В у модели происходит отрыв от дороги колес правого борта, далее, при входе на прямолинейный участок С, теряют контакт с дорогой шины левого борта. Заваливания автомобиля “на бок” не наблюдается. При движении на скорости 59 км/ч автомобиль входит в занос, задняя ось выходит за пределы разметки, виртуальный водитель стабилизирует движение, которое происходит с высокими курсовыми колебаниями. Значит, $V_{курс} = 59$ км/ч – скорость появления снижения устойчивости курсового управления.

Сравнение показателей устойчивости с нормативными значениями $[V_{курс}] = 50$ км/ч, $[V_{кк}] = 52$ км/ч, $[V_{пр}] = 56$ км/ч показывает, что исследуемая модель автомобиля обладает высокой склонностью к курсовым колебаниям. Модель обладает высоким запасом устойчивости по заносу.

49 км/ч



47 км/ч



51 км/ч



55 км/ч



57 км/ч

59 км/ч



Рис. 4. Траектория движения модели

Анализ напряженно-деформированного состояния моделей передней и задней подвески методом конечных элементов

Анализ напряженно-деформированного состояния проводится путем расчета моделей передней и задней подвески методом конечных элементов в пакете ANSYS 10.0. Выбор этого пакета обусловлен тем, что он обладает широким набором инструментов как для построения твердотельной модели, так и для разбиения ее на конечные элементы. Основой для расчета служат модели, импортированные из Unigraphics. Основные объекты расчетов – стабилизаторы поперечной устойчивости и листовые рессоры. Величины нагрузок на каждое из колес известны нам из расчетов на устойчивость, проведенных ранее. Точные значения нагрузок мы можем узнать из соответствующих графиков, ознакомиться с которыми можно с помощью пакета ADAMS/Postprocessor.

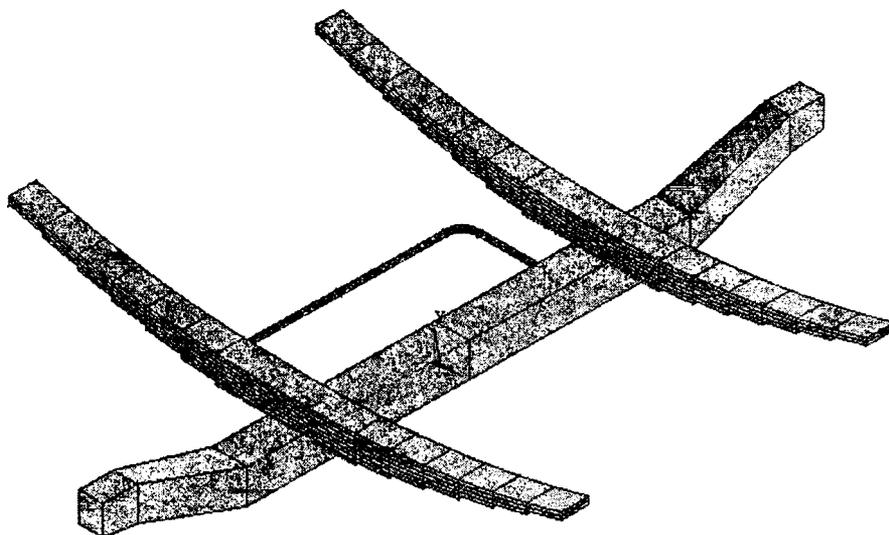


Рис. 5. Модель передней подвески

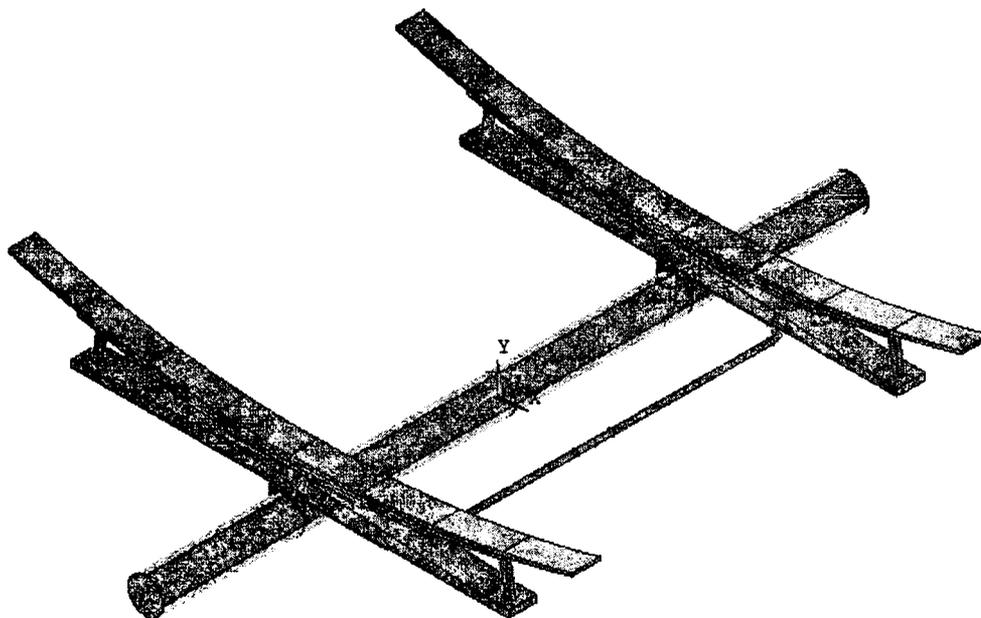


Рис. 6. Модель задней подвески

Разбиение модели на конечные элементы

При разбиении используется элемент категории Solid. Данная категория предназначена для проведения прочностных расчетов. Тип элемента – Tet 10node 92 (SOLID 92). Он представляет собой объемный четырехгранник с десятью узлами, расположенными на углах и серединах сторон. Элементы этого типа предпочтительно использовать для нерегулярных сеток, полученных свободным разбиением. Данный тип элементов позволяет использовать изотропные, пластичные и другие нелинейные виды материалов, за исключением гиперэластичных.

Нагружение и конечно-элементный расчет модели

Нагружение моделей производим в соответствии с данными, полученными при динамическом расчете в пакете ADAMS. Для конечно-элементного расчета из всего диапазона нагрузок выберем пиковые.

Для передней подвески пиковая нагрузка составляет 46780 Н на переднее левое колесо при скорости 57 км/ч через 12 секунд после начала испытания.

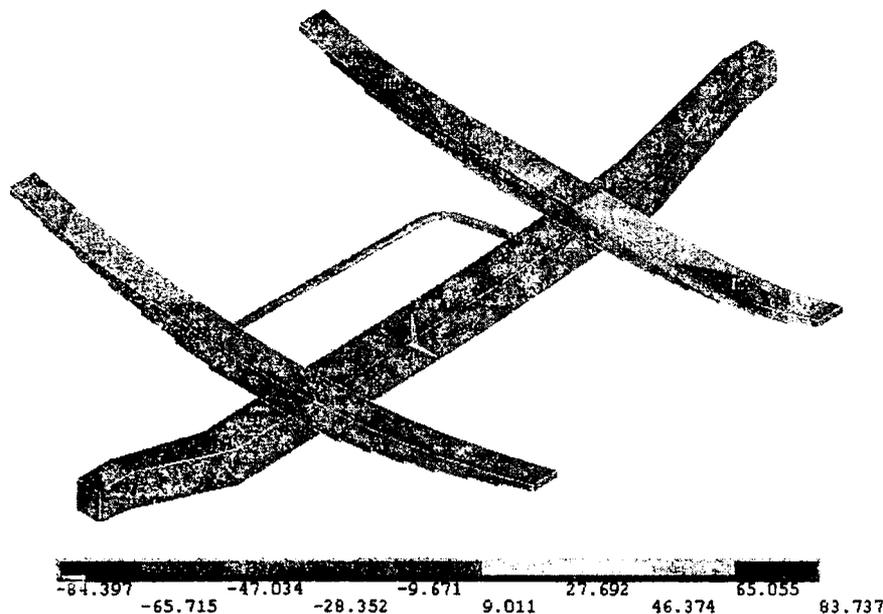


Рис. 7. Распределение деформаций в передней подвеске при пиковой нагрузке

Для задней подвески пиковая нагрузка – 29780 Н на заднее левое колесо при скорости 57 км/ч через 14 секунд после начала испытания.

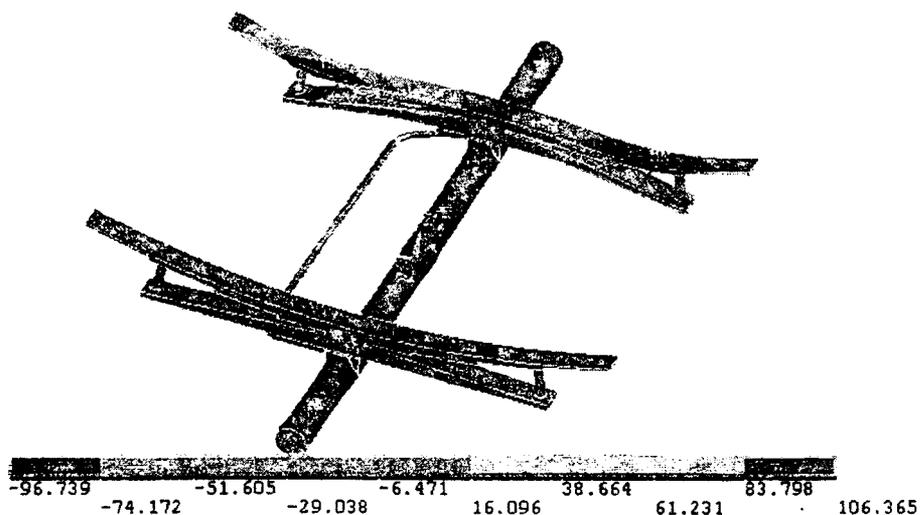


Рис. 8. Распределение деформаций в задней подвеске при пиковой нагрузке

Таким образом, видно, что наибольшие деформации как в передней так и в задней подвесках возникают в областях, близких к торцам рессор. В задней подвеске наибольшие напряжения возникают в зоне контакта рессоры с подрессорником. В передней подвеске распределение напряжений не явно. Это может быть связано как со значительным упрощением модели, так и с использованием конечных элементов большого размера. Для устранения недостатков необходимо создание более точной модели подвески с использованием более мощной вычислительной техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лаптев, С.А. Комплексная система испытаний автомобилей: Формирование, развитие, стандартизация. – М.: Издательство стандартов, 1991. – 172 с.
2. Пархиловский, И.Г. Автомобильные листовые рессоры. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Машиностроение, 1978. – 232 с.
3. Раймпель, Й. Шасси автомобиля: Элементы подвески / Пер. с нем. А.Л. Карпухина; Под ред. Г.Г. Гридасова. – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.
4. Автомобили: Испытания: учебное пособие для вузов / В.М. Беляев, М.С. Высоцкий, Л.Х. Гилелес [и др.]; Под ред. А.И. Гришкевича, М.С. Высоцкого. – Минск: Выш. школа, 1991. – 187 с.
5. Работа автомобильной шины / Под ред. В.И. Кнороза. – М: Транспорт, 1976. – 238 с.
6. Совершенствование технико-экономических показателей автомобильной техники. сборник научных трудов. – М.: Изд. НАМИ, 1993. – 164 с.
7. Проект ГОСТ. Управляемость и устойчивость автотранспортных средств. Технические требования и методы испытаний, 1999г.
8. РД 37.001.005-86. Методика испытаний и оценки устойчивости управления автотранспортными средствами.
9. ОСТ 37.001.051-73. Автомобили. Управляемость и устойчивость.
10. ОСТ 37.001.471-88. Управляемость и устойчивость автотранспортных средств. Методы испытаний.
11. ОСТ 37.001.487-89. Управляемость и устойчивость автомобилей. Общие технические требования.
12. Чигарев, А.В., Кравчук, А.С., Смалюк, А.Ф. ANSYS для инженеров. Справочное пособие. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 512 с.